PART3　ヘスの法則を利用した計算

目標　・ヘスの法則を理解し，エンタルピー図が書けるようになろう！

Chapter1　ヘスの法則

要点

ヘスの法則

・物質が変化するときの反応エンタルピーの総和は，変化前後の物質の種類と状態のみで決まり，変化の経路や方法には関係しない。

◆ ヘスの法則（総熱量保存の法則）　重要

実験により測定できない反応エンタルピーを求めるときに利用するのが，以下に記す**ヘスの法則（総熱量保存の法則）**である。

ヘスの法則

物質が変化するときの反応エンタルピーの総和は，変化前後の物質の種類と状態のみで決まり，変化の経路や方法には関係しない。

例　物質 A から物質 B が生成する反応の反応エンタルピー $\Delta H = Q$（kJ/mol）が知りたい。

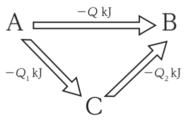
$$\mathrm{A} \rightarrow \mathrm{B} \quad \Delta H = Q \ (\mathrm{kJ})$$

この反応を実験室で起こすことができないときは，化合物 A から違う経路を辿って化合物 B に辿り着く方法を選択する。

例えば，物質 A から物質 C を作り，物質 C から物質 B を作る。それぞれの反応について，測定された反応エンタルピーが以下のようになるとする。

$$\mathrm{A} \rightarrow \mathrm{C} \quad \Delta H_1 = -Q_1 \ (\mathrm{kJ}) \quad \cdots(1)$$

$$\mathrm{C} \rightarrow \mathrm{B} \quad \Delta H_2 = -Q_2 \ (\mathrm{kJ}) \quad \cdots(2)$$



$Q = -(Q_1 + Q_2)$

ヘスの法則より，出発点が物質 A，到達点が物質 B であれば，反応エンタルピーの総和は変化しない。

よって，$Q = -(Q_1 + Q_2)$ kJ となる。

まとめ

・測定が困難な反応エンタルピーは（　　　　　　　　　　　）の法則を利用して求める。

Chapter2　ヘスの法則を利用した計算

要点

ヘスの法則を利用した計算

・化学反応式の和差を利用する。

・エンタルピー変化を表した図を利用する。

◆ ヘスの法則を利用した計算方法

ヘスの法則を利用して知りたい反応エンタルピーを求める方法には，以下の２つがある。

・化学反応式の和差を利用する。

全ての反応を化学反応式で表し，その和差によって目的の反応エンタルピーの反応式を導く方法。

例　以下の式を使って，物質Ａから物質Ｂが生成するときの反応エンタルピーを求める。

$A \rightarrow C \quad \Delta H_1 = -Q_1$（kJ）　…(1)

$C \rightarrow B \quad \Delta H_2 = -Q_2$（kJ）　…(2)

→(1)，(2)式を使って，目的の式 $A \rightarrow B$ を作ることを考える。

(1)＋(2)より

$A \rightarrow C \quad \Delta H_1 = -Q_1$（kJ）　…(1)

＋）$C \rightarrow B \quad \Delta H_2 = -Q_2$（kJ）　…(2)

$A \rightarrow B \quad \Delta H = -(Q_1 + Q_2)$ kJ

このように，目的の反応エンタルピーを求めることができる。

(全ての化学反応式を書く作業に時間を取られてしまうため，本講義ではこの方法は扱わない)

・エンタルピー変化を表した図を利用する。

エンタルピー変化を表した図(以下，講義ではエンタルピー図)を用いて目的の反応エンタルピーを求める方法である。

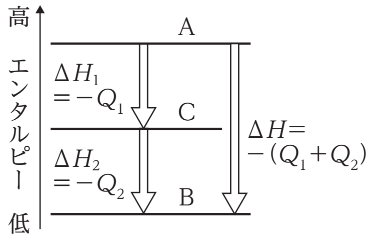
例　以下の式を使って，物質 A から物質 B が生成するときの反応エンタルピーを求めよ。

A → C　$\Delta H_1 = -Q_1$ (kJ)　…(1)

C → B　$\Delta H_2 = -Q_2$ (kJ)　…(2)

エンタルピー図を書くと右図のようになり，

目的の反応エンタルピーは $\Delta H = -(Q_1 + Q_2)$ kJ とわかる。



まとめ

ヘスの法則を利用した計算方法には次のようなものがある。

・化学反応式の（　　　　）を利用する。

・（　　　　　　　　　）を表した図を利用する。

Chapter3　エンタルピー変化を表した図

要点

エンタルピー変化を表した図を書くときのポイント

・反応エンタルピーの定義，エンタルピーレベルの順番を頭に入れておく。

・仲間はずれのエンタルピー変化から書き始める。

◆ エンタルピー変化を表した図を書くために必要なこと　重要

エンタルピー変化を表した図を書くには，以下の２点を押さえておく必要がある。

・反応エンタルピーの定義が頭に入っている。

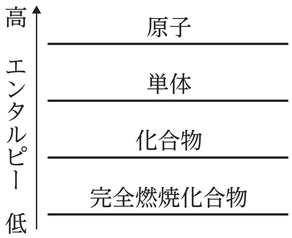
反応エンタルピーの定義が頭に入っていないと，どんな解法を選んだとしても問題を解くことはできない。しっかりと復習しておこう。

例　生成エンタルピー：物質 1 mol が構成元素の単体から生成するときのエンタルピー変化。

すなわち，単体→化合物のエンタルピー変化。

・エンタルピーレベルの順番が頭に入っている。

右図に示すエンタルピーレベルを頭に入れよう。この上下関係は，基本的に逆転することはない。しっかりと押さえておこう。



◆ エンタルピー変化を表した図の書き方 重要

次の 例 を使って，エンタルピー図の書き方を確認しよう。

例 次の燃焼エンタルピーを用いて，メタンの生成エンタルピー（$\Delta H = x$）を求める。ただし，生成する水は液体であるとする。

C（黒鉛） $\Delta H = -394$（kJ/mol）

H_2 $\Delta H = -286$（kJ/mol）

CH_4 $\Delta H = -891$（kJ/mol）

(1) 仲間はずれのエンタルピーレベルから書く。

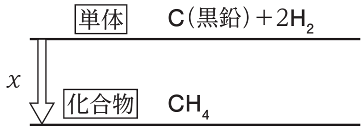
問題文に出てくる反応エンタルピーには，必ず「仲間はずれ」がある。その仲間はずれのエンタルピーレベルから書き始める。

例 問題に出てくる反応エンタルピーを確認してみよう。

・燃焼エンタルピー３つ（黒鉛・H_2・CH_4）

・生成エンタルピー１つ（CH_4）

以上より，仲間はずれは「CH_4 の生成エンタルピー」となる。



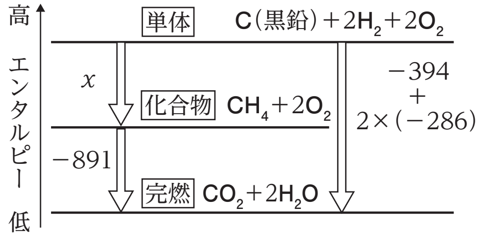
生成エンタルピーの定義とエンタルピーレベルが「単体（上）→化合物（下)」であることを意識してエンタルピー図を書いてみよう。

(2) 残りの反応エンタルピーのエンタルピーレベルとデータを書き入れる。

仲間はずれ以外の反応エンタルピーのエンタルピーレベルとデータを書き入れる。

例 残る反応エンタルピーは３つの燃焼エンタルピーである。

燃焼エンタルピーの定義とエンタルピーレベルが「単体 or 化合物（上）→完全燃焼化合物（下)」であることを意識してエンタルピー図を書いてみよう。



以上より，CH_4 の生成エンタルピーは次のように求めることができる。

$$x + (-891) = (-394) + 2 \times (-286) \qquad x = -75 \text{ kJ/mol}$$

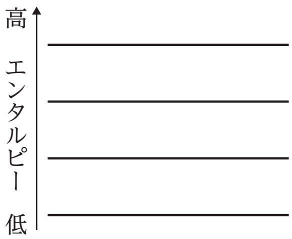
まとめ

・エンタルピー図は，（　　　　　　　　）の反応エンタルピーから書き始める。

Chapter4　演習問題

問　「化合物」「単体」「原子」「完全燃焼化合物」の 4 つについて，エンタルピーレベルを高い順に右図に書き入れなさい。

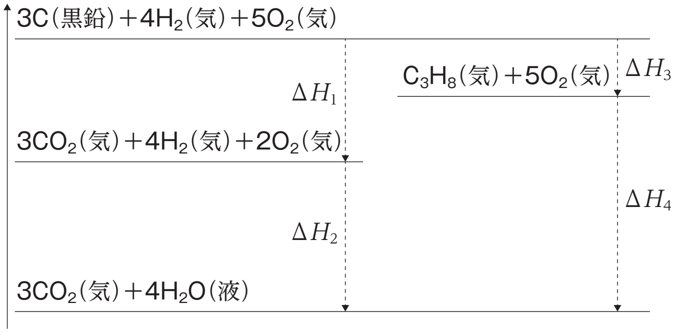
また,「NH_3 の生成エンタルピー」はどこに相当するか,「↓」または「↑」で書き入れなさい。



< Note >

第5講 PART3 確認問題

問1　次の図は，炭素（黒鉛），水素，酸素から二酸化炭素と水が生成する反応のエンタルピー変化を表したものである。この図について，後の問いに答えよ。



(1)　プロパン C_3H_8 の生成エンタルピーを表しているものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ΔH_1　② ΔH_2
③ ΔH_3　④ ΔH_4

(2)　炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーを表しているものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $\Delta H_1 \times \frac{1}{3}$　② $\Delta H_2 \times \frac{1}{3}$
③ ΔH_1　④ ΔH_2

(3)　水素の燃焼エンタルピーを表しているものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $\Delta H_1 \times \frac{1}{4}$　② $\Delta H_2 \times \frac{1}{4}$
③ ΔH_1　④ ΔH_2

(4) プロパンの生成エンタルピーを－ 107kJ/mol, 炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーを－ 394kJ/mol，水素の燃焼エンタルピーを－ 286kJ/mol とする。このとき，プロパンの燃焼エンタルピーとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① － 573kJ/mol　② － 787kJ/mol

③ － 2219kJ/mol　④ － 2433kJ/mol

第 5 講　化学反応と熱・光エネルギー（熱化学）

PART1　熱化学の基本事項

問　(1)　CH_4（気）＋ $2O_2$（気）→ CO_2（気）＋ $2H_2O$（液）　$\Delta H = -891\text{kJ}$

(2)　$\frac{1}{2}N_2$（気）＋ $\frac{3}{2}H_2$（気）→ NH_3（気）　$\Delta H = -46\text{kJ}$

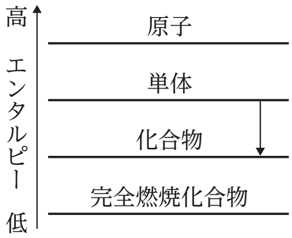
(3)　H_2O（液）→ H_2O（気）　$\Delta H = 41\text{kJ}$

PART2　反応エンタルピーを求める実験

問　17(kJ/mol)

PART3　ヘスの法則を利用した計算

問



PART4　エンタルピー図・公式

問　－ 46 kJ/mol

PART5　熱化学の計算練習

Chapter1　－ 1301 kJ/mol

Chapter2　－ 891 kJ/mol

Chapter3　－ 74 kJ/mol

Chapter4　2 kJ/mol

PART6　化学反応が進む向き・化学反応と光

問　②

第 5 講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　③

解説：

ΔH_3 は炭素（黒鉛）と水素の単体からプロパンが生成する際のエンタルピー変化なので，プロパンの生成エンタルピーを表している。

(2)　①

解説：

ΔH_1 は炭素（黒鉛）3mol が完全燃焼して二酸化炭素が生成する際のエンタルピー変化なので，炭素（黒鉛）の燃焼エンタルピーは，$\Delta H_1 \times \frac{1}{3}$ となる。

(3)　②

解説：

ΔH_2 は水素 4mol が完全燃焼して水が生成する際のエンタルピー変化なので，水素の燃焼エンタルピーは，$\Delta H_2 \times \frac{1}{4}$ となる。

(4)　③

解説：

プロパンの燃焼エンタルピーは ΔH_4 であり，

$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3 + \Delta H_4$ なので，次の式が成り立つ。

$3 \times (-394) + 4 \times (-286) = (-107) + \Delta H_4$

よって，$\Delta H_4 = -2219$kJ/mol となる。